



**INSTYTUT EKONOMIKI ROLNICTWA  
I GOSPODARKI ŻYWNOŚCIOWEJ  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

# **Ekonomiczne implikacje rozwoju i zastosowań sztucznej inteligencji w rolnictwie**

**Szczepan Figiel**

**Warszawa, 8 kwietnia, 2022**

# Plan prezentacji

- **Powód podjęcia tematu**
- **Czym jest, a czym nie jest sztuczna inteligencja (AI)**
- **Geneza sztucznej inteligencji i etapy jej rozwoju**
- **Rodzaje sztucznej inteligencji i obszary jej zastosowań**
- **Ogólne implikacje rozwoju i zastosowań sztucznej inteligencji**
- **Zastosowania sztucznej inteligencji w rolnictwie oraz ich sektorowe implikacje**
- **Podsumowanie i wnioski**

# Powód podjęcia tematu

- Sztuczna inteligencja (AI) jako zagadnienie nieco sceptycznie traktowane i niedoceniane przez ekonomistów

## ***Komputery potrafią zrobić tylko to, do czego ludzie je zaprogramują***

- Rozwój AI sztucznej inteligencji dokonuje się w tle oraz w powiązaniu z szeroko pojętą cyfryzacją i nie zawsze jest dostrzegany jako zjawisko samo w sobie, a tymczasem powstały już autonomiczne systemy potrafiące podejmować różne działania
- Implikacje ekonomiczne w świetle diagnozy i wizji Keynesa – bezrobocie technologiczne w wyniku szybszego tempa wprowadzania sposobów oszczędzania pracy ludzkiej, niż tempo znajdowania form jej wykorzystania

# Czym jest, a czym nie jest sztuczna inteligencja (AI)

- Po pierwsze, wśród naukowców nie ma pełnej zgody, czym w ogóle jest inteligencja (wieloznaczność pojęcia)
- Po drugie, nie ma zbyt wiele powodów, aby uważać, iż inteligencja maszynowa ma związek z inteligencją ludzką
- Po trzecie, istotą inteligencji jest zdolność do dokonywania właściwych uogólnień w odpowiednim czasie na podstawie ograniczonych danych
- Po czwarte, wprawdzie komputery przewyższają ludzi w wielu praktycznych zastosowaniach (np. możliwości przeprowadzania obliczeń) ale czy są, bądź mogą być, od ludzi mądrzejsze (test Turinga)
- Po piąte, krytyka zasadności używania, a nawet wrogość wobec terminu „sztuczna inteligencja” utrudnia pojmowanie problemu (np. dlaczego samolotów nie nazywamy sztucznymi ptakami, bądź pytania w stylu: „czy pierwszy człowiek, który wspiął się na drzewo przyczynił się do postępu w dotarciu ludzkości na księżyc?”)

# Geneza sztucznej inteligencji jako dziedziny wiedzy i zastosowań

- Cybernetyka a sztuczna inteligencja (sprzężenia zwrotne a logika symboliczna)
- Pomysłodawcy terminu (AI) i zarazem założyciele dziedziny (McCarthy, Minsky, Rochester, Shannon, 1955) kierując się „marketingową” chęcią rozbudzenia wyobraźni zdefiniowali AI jako *„działanie maszyny, które nazwalibyśmy inteligentnym, gdyby w ten sposób zachowywał się człowiek, a ściślej biorąc chodziło im o to, że każdy aspekt uczenia się lub jakąkolwiek funkcję inteligencji da się co od zasady tak precyzyjnie opisać, że można stworzyć maszynę mogącą to symulować”*
- Wskazane aspekty AI:
  - automatyczne komputery,
  - możliwość programowania komputera do użycia języka,
  - sieci neuronowe,
  - teoria złożoności obliczeniowej,
  - samodoskonalenie,
  - abstrakcje,
  - losowość i kreatywność.

# Etapy rozwoju sztucznej inteligencji

- Definicje AI i jej rozumienie ewoluowały z upływem czasu w części w powiazaniu z następującymi okresami i etapami jej rozwoju (Delipetrev et al., 2020):
  - 1950-970 – podwaliny AI poczynając od milowego pytania Turinga o możliwości „myślenia” przez maszyny (Turing, 1950), „myślącej maszyny” wynalezionej Newella i Simona (1956) zwanej Logic Theorist (Logiczny Teoretyk) oraz wspomnianych już twórców terminu i zakresu problemowego AI (McCarthy et al., 1955);
  - 1970-1990 – symboliczna AI z tzw. systemami eksperckimi oraz systemami opartymi na wiedzy;
  - 1990-2020 – uczenie maszynowe oraz głębokie uczenie służące rozwiązywaniu kompleksowych problemów z użyciem różnych aplikacji włączając eksplorację danych, roboty przemysłowe, logistykę, wywiad biznesowy, oprogramowanie bankowe, diagnostykę medyczną, systemy rekomendacji oraz wyszukiwarki.

# Rodzaje sztucznej inteligencji i obszary jej zastosowań

- **Wąska sztuczna inteligencja (ANI)** zwana też słabą AI o ograniczonym zakresie możliwości, np. rozpoznawanie twarzy, mowy (asystent mowy), prowadzenie samochodu, przeszukiwanie internetu, interpretacja obrazów video z dronów, organizowanie osobistych i biznesowych kalendarzy, odpowiadanie na proste zapytania serwisowe klientów, rezerwacja hoteli, wspieranie radiologów w lokalizowaniu potencjalnych guzów, oflagowywanie niewłaściwych treści w sieci, wykrywanie uszkodzeń w elewatorach na podstawie danych z urządzeń IoT, czy generowanie modeli 3D ze zdjęć satelitarnych
- **Generalna sztuczna inteligencja (AGI)**, którą można uważać za równą z ludzkimi możliwościami, np. samochody autonomiczne, analityczne systemy komputerowe jak IBM Watson, czy AlexNet (póki co, to jednak faza prób i zapowiedzi)
- **Superinteligencja (ASI)** przerastająca możliwości człowieka (nieokreślona ściślej przyszłość)

# Metody i techniki sztucznej inteligencji

- Klasyfikacja metod i technik sztucznej inteligencji zależy od kryteriów od przyjętych kryteriów podziału wykorzystywanych algorytmów komputerowych zastępujących człowieka w działaniach analitycznych i procesach decyzyjnych
- Można wyróżnić następujące grupy metod i technik opierających się na:
  - przeszukiwaniu,
  - logice,
  - probabilistyce,
  - modelowaniu procesów decyzyjnych (prostych i złożonych),
  - uczeniu.



# Ogólne implikacje rozwoju i zastosowań sztucznej inteligencji – obszary wpływu

- Innowacyjność – rozwój innowacji cyfrowych
- Konkurencyjność – poprawa efektywności
- Produktywność – zmiana techniczna (przesunięcie makroekonomicznej funkcji produkcji)
- Efekty sieciowe rozwoju dóbr i usług cyfrowych (ang. *network externalities*)
- Rynek pracy – głębokie zmiany strukturalne skutkujące niedopasowaniem podaży i popytu na pracę (raport oxfordzki *The Future Of Employment: How Susceptible Are Jobs To Computerisation?*)
- Popyt na kompetencje i kreatywność

# Rozwój i zastosowania AI jako zmiana techniczna

- Przesunięcie makroekonomicznej funkcji produkcji (Solow-Swan):

$$Y(t) = [K(t)]^\alpha [A(t)L(t)]^{1-\alpha}$$

$$SR(t) = \frac{\partial Y}{\partial t} \frac{1}{Y} - \left( \alpha \frac{\partial K}{\partial t} \frac{1}{K} + (1-\alpha) \frac{\partial L}{\partial t} \frac{1}{L} \right)$$

- Przesunięcie makroekonomicznej funkcji produkcji (Solow-Swan, rozszerzenie Mankiw, Romer, Weil):

$$Y(t) = [K(t)]^\alpha [H(t)]^\beta [A(t)L(t)]^{1-\alpha-\beta}$$

- Stylizowane zmiany w TFP (np. w rolnictwie):

$SR(t)$



$\frac{\partial Y}{\partial t} \frac{1}{Y}$



$\frac{\partial K}{\partial t} \frac{1}{K}$



$\frac{\partial H}{\partial t} \frac{1}{H}$

?

$\frac{\partial L}{\partial t} \frac{1}{L}$



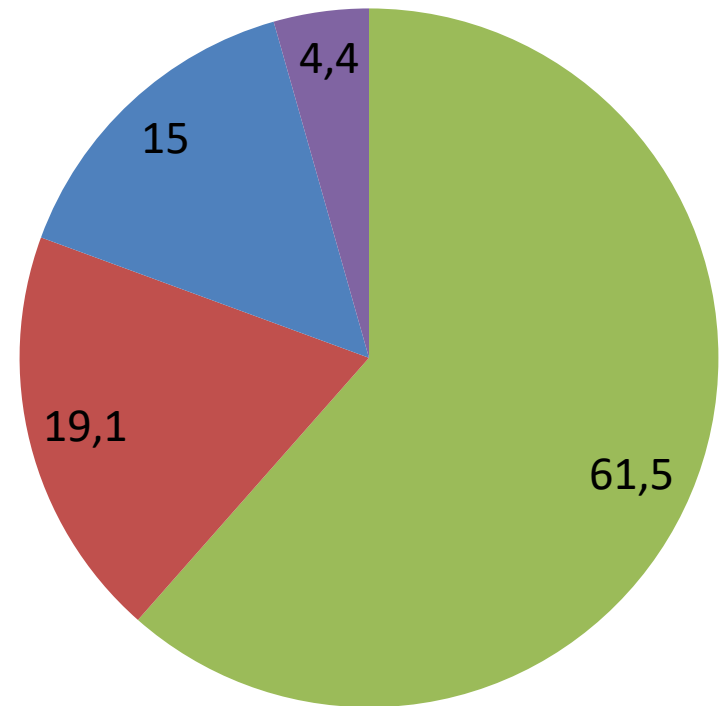
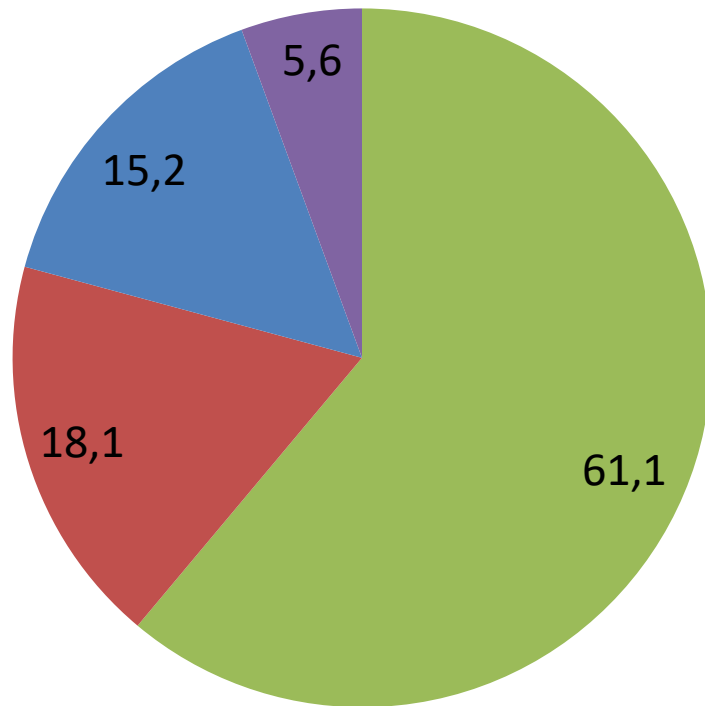
# Zastosowania sztucznej inteligencji w rolnictwie oraz ich sektorowe implikacje

- Temat ostatniej 31 ICAE to “**Agriculture under the 4th Industrial Revolution**” (Rolnictwo w trakcie 4-ej Rewolucji Przemysłowej)
- IoT jako główna siła napędowa zastosowań AI w rolnictwie
- Obszary zastosowań:
  - ogólna uprawa roli i roślin;
  - zarządzanie stanem gleby i irygacją;
  - ochrona przed chorobami i szkodnikami;
  - walka z chwastami;
  - monitorowanie jakości produktów rolnych, kontrola i ich przechowywania;
  - predykcja plonów;
  - predykcja cen produktów rolnych;
  - monitoring szeroko pojętych środowiskowych efektów funkcjonowania rolnictwa (pozytywnych jak i negatywnych).

# Rynek sztucznej inteligencji w rolnictwie według form produkcji w roku 2019 i 2024\*

2019 – 1,1 mld USD

2024 – 3,8 mld USD\*



■ Produkcja polowa ■ Produkcja zwierzęca ■ Produkcja w pomieszczeniach ■ Inne

\* – prognoza

# Sektorowe implikacje zastosowań sztucznej inteligencji w rolnictwie

- Obniżenie kosztów produkcji
- Wzrost wielkości produkcji
- Poprawa jakości produkcji
- Wzrost wiedzy o sytuacji rynkowej i związanej nią ryzyku i poprawa dochodów producentów
- Zmiany w relacjach czynników wytwórczych (praca-ziemia, praca-kapitał, ziemia-kapitał)
- Spadek znaczenia ziemi w sensie obszarowym
- Zmiana roli doradztwa rolnego

# Podsumowanie

- Sztuczna inteligencja to próba cyfrowego odzwierciedlenia schematów ludzkiego rozumowania i zachowania
- Zastosowania sztucznej inteligencji przestały być jedynie utopijnymi eksperymentami, a co od najmniej ćwierćwiecza zaczęły stanowić nieodłączny element postępu w wielu dziedzinach życia społeczno-gospodarczego, przykładem są systemy eksperckie (ekspertowe) o charakterze doradczym znane i wykorzystywane, także w rolnictwie, już od dość dawna
- Na obecnym etapie zastosowań AI można mówić o głównie wyrafinowanej automatyzacji i robotyzacji, a otwarte pytanie o realność i skutki potencjalnego pojawienia się osobliwości technologicznej, aczkolwiek intrygujące, póki co trzeba pozostawić informatykom, filozofom, a obecnie chyba głównie futurystom
- Ekonomiczne implikacje rozwoju i zastosowań sztucznej inteligencji, także w rolnictwie, są wielowymiarowe, aczkolwiek główne obszary wpływu to:
  - praca (praca fizyczna i wykonywanie czynności manualnych versus kompetencje), asymptotyczne ograniczenie substytucji;
  - produktywność (znaczenie jakości kapitału ludzkiego i rola kształtującej ją edukacji zwłaszcza informatycznej);
  - koszt ewentualnego braku dostosowań (koszt „zapóźnienia”)?

# Literatura (wybrane pozycje)

- Bannerje, G., Sarkar, U., Das, S., Ghosh, I. (2018). Artificial Intelligence in Agriculture: A Literature Survey. *International Journal of Scientific Research in Computer Science Applications and Management Studies*, Volume 7, Issue 3 (May 2018) [www.ijsrcsams.com./jmc.stanford.edu/articles/dartmouth/dartmouth.pdf](http://www.ijsrcsams.com./jmc.stanford.edu/articles/dartmouth/dartmouth.pdf) (date: 2021.03.21).
- Delipetrev, B., Tsinarakii, C., Kostić, U. (2020). *Historical Evolution of Artificial Intelligence*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, EUR 30221 EN, ISBN 978-92-76-18940-4. DOI: 10.2760/801580, JRC120469.
- Figiel, S. (2019). *Rynki rolne i żywnościowe w dobie innowacji cyfrowych*. Warszawa : Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej – Państwowy Instytut Badawczy.
- Figiel, S., R. Popiołek, R. (2004). Rynek produktów cyfrowych. In: A. Łapińska, E. Wędrowska (eds.) *Informacja w społeczeństwie XXI wieku* (p. 183-191). Olsztyn, Wydawnictwo UWM.
- Frey, C. B., Osborne M. A. (2013). *The Future Of Employment: How Susceptible Are Jobs To Computerisation?* Oxford Martin School, University of Oxford.
- Kaplan, J. (2019). *Sztuczna inteligencja. Co każdy powinien wiedzieć*. Warszawa, PWN.
- Katz, M. L. and Shapiro, C. 1994. Systems Competition and Network Effects. *Journal of Economic Perspectives*, 8: 93-115.
- Katz, M. L., Shapiro, C. 1985. Network Externalities, Competition, and Compatibility. *The American Economic Review*, Vol. 75 No. 3, June 1985.
- Keynes, J.M. (1933). Economic possibilities for our grandchildren (1930). *Essays in persuasion*, 358–373.
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., Shannon, C.E. (1955). *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*. Retrieved from: [http:/](http://)
- Newell, A., Simon, H. (1956). The logic theory machine: A complex information processing system. *IRE Transactions on Information Theory*, 2, 61–79.
- Russell, S., Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson, 4<sup>th</sup> Edition.
- Solow, R.M. (1957). Technical change and the aggregate production function. *The Review of Economics and Statistics*, 39 (3), 312-320.
- Turing, A.M. (1950) Computing Machinery and Intelligence. *Mind, New Series*, 59 (236), 433-460.